



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAS  
GRADUAÇÃO EM ESTATÍSTICA

JOYCE DALLINE SILVA ANDRADE

DETERMINANTES SOCIAIS E AMBIENTAIS NA INCIDÊNCIA DE  
DENGUE EM SERGIPE: UM MODELO DE REGRESSÃO.

SÃO CRISTÓVÃO/SERGIPE  
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAS  
GRADUAÇÃO EM ESTATÍSTICA

JOYCE DALLINE SILVA ANDRADE

DETERMINANTES SOCIAIS E AMBIENTAIS NA INCIDÊNCIA DE  
DENGUE EM SERGIPE: UM MODELO DE REGRESSÃO.

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Estatística,  
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia,  
Departamento Estatística e Ciências  
Atuarias da Universidade Federal de  
Sergipe como requisito obrigatório para  
aprovação na disciplina Monografia.

Orientador: Prof. Dr. José Rodrigo dos Santos Silva

SÃO CRISTÓVÃO/SERGIPE  
2017

Andrade, Joyce Dalline Silva

Determinantes sociais e ambientais na incidência de dengue em sergipe: um modelo de regressão - São Cristóvão, 2014. 47f.

Orientador: Prof. Dr. José Rodrigo dos Santos Silva

Monografia (Graduação em Estatística) – Universidade Federal de Sergipe. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Departamento Estatística e Ciências Atuarias.

1. Dengue 2. Incidência 3. Epidemiologia

JOYCE DALLINE SILVA ANDRADE

DETERMINANTES SOCIAIS E AMBIENTAIS NA INCIDÊNCIA DE  
DENGUE EM SERGIPE: UM MODELO DE REGRESSÃO.

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Estatística,  
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia,  
Departamento Estatística e Ciências  
Atuariais da Universidade Federal de  
Sergipe como requisito obrigatório para  
aprovação na disciplina Monografia.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Orientador: Prof. Dr. José Rodrigo dos Santos Silva

---

Prof. Me Herica Santos da Silva

---

Me Léda Valéria Ramos Santana

PARECER

---

---

---

---

---

*À minha avó Genilde dos Passos, “In Memoriam”,  
pela existência de meus pais Josefa Passos e Jorge  
Costa, pois sem eles este e muitos dos meus  
sonhos não se realizariam.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao bom Deus, pela minha vida, a vida dos meus pais, familiares e amigos.

A Universidade Federal de Sergipe e ao Departamento de Estatística e Ciências Atuariais por ter nos dado a oportunidade de realizar este curso.

A todo corpo docente deste departamento, pelos ensinamentos e dedicação.

Aos membros da Banca Examinadora por dedicar seu tempo e sugestões, afim de tornar melhor este trabalho.

Agradeço de forma especial à minha mãe, Josefa Passos, por não medir esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante.

Agradeço ao meu pai Jorge Costa pelos bons conselhos e por todo amor a mim dedicado.

Aos meus irmãos, Dayse Giselle, Diego Passos e João Neto pelos bons momentos e por todo carinho.

Ao meu companheiro, Elizeu Alves, por toda paciência, ajuda e dedicação que oferta a mim, todos os dias.

Aos amigos, Joás e Lorena, pelas boas conversas e pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

E por fim, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Rodrigo dos Santos Silva por toda orientação, trabalho árduo e ajuda que me foram dados.

## RESUMO

A dengue é a uma doença infecciosa viral prevalente em países tropicais em desenvolvimento, transmitida pelo vetor *Aedes aegypti*. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi desenvolver um modelo de regressão, afim, de determinar o grau de influência dos fatores sociais e ambientais na incidência de dengue em Sergipe de 2001 a 2012. Em estudo descritivo, observou-se que o ano de maior e menor incidência foi o ano de 2008 (17.950 notificações) e 2004 (133 notificações), respectivamente. No período em estudo, os meses de fevereiro, março, abril, maio e junho apresentaram maior prevalência, dando indícios de um comportamento sazonal da doença. Além disso, foram selecionadas cerca de oito variáveis para a construção do modelo: serviços essenciais, abastecimento de água, coleta direta de lixo, abastecimento canalizado de água, coleta de lixo total, esgotamento sanitário, esgotamento sanitário ligado à rede coletora e precipitação total. Mediante análise preliminar de correlação, constatou-se que a precipitação total, serviços essenciais e esgotamento sanitário poderiam influenciar na incidência de dengue, porém, foi observada a presença de multicolinearidade. Desta forma, foi necessária a aplicação do método de componentes principais, resultando em 3 fatores CP1 (Serviços essenciais, abastecimento de água, coleta direta de lixo, abastecimento canalizado de água, coleta de lixo total); CP2 (esgotamento sanitário, esgotamento sanitário ligado à rede coletora); CP3 (precipitação total). Estes foram ajustados a um modelo de regressão linear múltipla onde foi possível observar que a deficiência no esgotamento sanitário e serviços essenciais (água, esgoto e coleta de lixo), implicam no aumento da incidência de dengue. Por outro lado, o aumento da precipitação eleva o número de casos da doença. O resultado da análise de variância mostra que a equação obtida, é significativamente aderente. Além disso, a análise dos pressupostos da regressão nos permite concluir que o modelo é adequado. Sendo assim, concluímos que o estudo de indicadores sociais e climáticos podem ser de suma importância para subsidiar as ações de saúde pública no controle da dengue.

**Palavras-Chave:** *Aedes Aegypti*. Análise estatística. Dengue. Epidemiologia.

## ABSTRACT

Dengue is a viral infectious disease prevalent in tropical developing countries, transmitted by the *Aedes aegypti* vector. In this sense, the objective of the present study was to develop a regression model, in order to determine the degree of influence of social and environmental factors on the incidence of dengue in Sergipe from 2001 to 2012. In a descriptive study, it was observed that the year of The highest and lowest incidence was the year 2008 (17,950 notifications) and 2004 (133 notifications), respectively. During the study period, the months of February, March, April, May and June showed a higher prevalence, giving indications of a seasonal behavior of the disease. In addition, about eight variables were selected for the construction of the model: essential services, water supply, direct garbage collection, piped water supply, total garbage collection, sanitary sewage, sewage connected to the collection network and total precipitation. By preliminary correlation analysis, it was found that total precipitation, essential services and sanitary sewage could influence the incidence of dengue, but the presence of multicollinearity was observed. Thus, it was necessary to apply the main components method, resulting in 3 main components CP1 (Essential services, water supply, direct garbage collection, piped water supply, total garbage collection); CP2 (sewage, sanitary sewage connected to the collection network); CP3 (total precipitation). These were adjusted to a multiple linear regression model where it was observed that deficiency in sewage and essential services (water, sewage and garbage collection) imply an increase in the incidence of dengue. On the other hand, the increase in precipitation increases the number of cases of the disease. The result of the analysis of variance shows that the obtained equation is significantly adherent. Moreover, the analysis of the regression assumptions allows us to conclude that the model is adequate. Thus, we conclude that the study of social and climatic indicators can be extremely important to subsidize public health actions in the control of dengue.

**Keywords:** *Aedes aegypti*. Statistical analysis. Dengue. Epidemiology.



# LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1:</b> Etapas da aplicação da análise de componentes principais. ....	15
<b>Figura 2:</b> Taxa de incidência de casos de dengue a cada 1.000 por mês, Sergipe, 2001-2012. ....	18
<b>Figura 3:</b> Histograma da Incidência de dengue. ....	20
<b>Figura 4:</b> Histograma do log (Incidência de dengue/10.000). ....	21
<b>Figura 5:</b> Análise da normalidade dos resíduos da regressão. (a) Normal Q-Q Plot; (b)Histograma dos resíduos. ....	27
<b>Figura 6:</b> Análise da homocedasticidade. ....	27
<b>Figura 7:</b> Análise da independência dos erros. ....	28
<b>Figura 8:</b> Análise do Ponto de alavanca. ....	28

# LISTA DE QUADROS

---

<b>Quadro 1 -</b> Dicionário de variáveis independentes .....	12
---	----

# LISTA DE TABELAS

---

<b>Tabela 1</b> – Resumo descritivo da taxa de incidência de casos de dengue a cada 10.000 habitantes, Sergipe, 2001-2012. ....	17
<b>Tabela 2</b> – Precipitação, médias anuais e médias mensais, Sergipe, 2001-2012. ....	19
<b>Tabela 3</b> – Saneamento básico, médias e desvios padrões, Sergipe, 2001-2012. ....	19
<b>Tabela 4:</b> Correlação de Spearman entre variáveis dependentes e independentes. ....	22
<b>Tabela 5</b> – Análise de componentes principais. ....	23
<b>Tabela 6</b> – Análise de fatores com rotação Varimax e comunalidade referentes as variáveis explicativas. ....	24
<b>Tabela 7</b> - Estatística da regressão linear múltipla. ....	24
<b>Tabela 8:</b> Anova regressão múltipla. ....	26

# SUMÁRIO

---

Índice de Figuras.....	i
Índice de Tabelas.....	ii
Lista de Abreviações.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Patogênese da Dengue.....	3
2.2. Os vetores: <i>Aedes aegypt</i> e <i>Aedes albopictus</i> .....	4
2.3. Epidemiologia da dengue.....	5
2.4. Fatores climáticos e socioambientais.....	6
2.5. Prevenção.....	8
3. OBJETIVO GERAL.....	10
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. METODOLOGIA.....	11
4.1. Local do estudo.....	11
4.2. Materiais.....	11
4.2.1. Bases de Dados.....	11
4.2.1.1. Variável Dependente: Incidência de Dengue em Sergipe.....	11
4.2.1.2. Variáveis Independentes: Precipitação e infraestrutura urbana do Estado de Sergipe.....	12
4.2.2. Software.....	13
4.3. Métodos.....	13
4.3.1. Teste de hipóteses para normalidade.....	13
4.3.2. Correlação de Spearman.....	13
4.3.3. Componentes Principais.....	14
4.3.4. Regressão Linear.....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5.1. Análise Descritiva.....	17
5.2. Análise do modelo de regressão.....	20
6. CONCLUSÕES.....	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

## 1. INTRODUÇÃO

A dengue é a uma doença infecciosa causada por arbovirose (doença transmitida por artrópodes) com quatro sorotipos conhecidos (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4). É prevalente, principalmente, em países tropicais em desenvolvimento, onde os aspectos climáticos e socioculturais favorecem a proliferação de seu principal vetor, a fêmea do mosquito *Aedes aegypti* infectada (BRASIL, 2005).

Este inseto é um vetor importante na disseminação de doenças virais, tais como, febre amarela, dengue, zica e chikungunya (BRASIL, 2005). Nos últimos anos, o Plano Nacional de Enfrentamento ao mosquito vem aumentando o investimento em novas tecnologias com fins de diagnóstico, prevenção e tratamento para doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti* (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Sendo assim, foram registrados 1.649.008 casos prováveis de dengue no relatório epidemiológico do Ministério da Saúde em 2015, sendo este o maior número registrado na série histórica iniciada em 1990. O Estado de Sergipe, em 2015, registrou 7.032 casos prováveis. Destes, Aracaju apresentou 2.767 o que equivale a 39,35% em relação ao Estado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Neste sentido, a busca de relações entre fatores ambientais e sociais na propagação da doença tem sido investigada com a finalidade de instituir mecanismos de controle e prevenção de epidemias (SCHMIDT et al., 2011). O vetor está amplamente associado às atividades antrópicas, que disponibilizam sítios de oviposição artificiais e permitem a manutenção de sua infestação. Os centros urbanos configuram-se como favorecedores da dispersão e aumento da densidade do mosquito, já que o espaço social organizado influencia a interação entre o vetor, vírus e homem (TEIXEIRA et al., 2002).

Estudos prévios, incluindo modelos matemáticos, consideram que a incidência da dengue flutua com as condições climáticas, associada com o aumento da temperatura, pluviosidade e umidade do ar (LAMBRECHTS et al., 2011; CARRINGTON et al., 2013).

Adicionalmente a transição demográfica, em especial o acelerado crescimento populacional, ocorridas nos países subdesenvolvidos resultaram em intensos fluxos migratórios para as periferias urbanas com consequente deterioração das condições de vida e saúde, atribuídas ao precário sistema de saneamento básico, fato este que contribuiu para a expansão do mosquito vetor da dengue (GUBLER, 1998).

Neste contexto, em estudo realizado por Oliveira e Douh em 2012, foi possível notar que o surgimento de grandes aglomerados urbanos, com inadequadas condições de habitação, de abastecimento de água e de coleta de lixo também seriam importantes determinantes sociais para o aumento do risco da incidência e de manutenção do número de casos de dengue (OLIVEIRA e DOUH, 2012) .

Desta forma, entender os fatores subjacentes à transmissão da dengue em diferentes contextos epidemiológicos aumenta a compreensão sobre a dinâmica de transmissão do vírus, possibilitando o planejamento e desenvolvimento de medidas preventivas e emergenciais de controle. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi desenvolver um modelo através de métodos de regressão afim de determinar o grau de influência dos fatores sociais e ambientais na incidência de dengue em Sergipe.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Patogênese da Dengue

O vírus da dengue pertence ao gênero *Flavivirus* e à família *Flaviviridae*. É um vírus RNA, de filamento único, envelopado e que possui quatro sorotipos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4. A proteção cruzada entre eles é somente transitória, de modo que uma mesma pessoa pode apresentar a doença até quatro vezes durante sua vida (MALAVIGE et al., 2004). Pode ocorrer a existência simultânea de diferentes sorotipos em uma mesma região, o que aumenta a probabilidade de se ter complicações como a febre hemorrágica da dengue (FIOCRUZ, 2016)

De maneira clínica, os sintomas variam de uma síndrome viral, inespecífica e benigna, até um quadro grave e fatal de doença hemorrágica com choque. As causas associadas ao aumento do risco para casos graves são: a cepa do sorotipo do vírus infectante, o estado imunitário e genético do paciente, a existência de outras doenças ou infecção prévia por outro sorotipo viral da doença (FIGUEIREDO e FONSECA, 1966).

Em geral, após a picada pelo mosquito infectado, o período médio de incubação é de 4 a 7 dias (variação de 3 a 14 dias), durante os quais o paciente pode ou não apresentar sintomas, dependendo da cepa do vírus, idade, estado imunológico e outros fatores, seguidos de viremia, associada ao surgimento repentino de febre e sintomas constitucionais que duram de 5 a 6 dias (variação de 2 a 12 dias) (HAYES e GUBLER, 1992).

A segunda infecção por qualquer outro sorotipo da dengue é predominantemente mais grave que a primeira, independentemente dos sorotipos e de sua sequência. Isso acontece em 2-4% dos indivíduos, graças a um fenômeno chamado de imunoamplificação dependente de anticorpos, onde anticorpos residuais produzidos durante a primeira infecção reagem cruzadamente com os sorotipos presentes nas reinfecções e se ligam às partículas virais, mas não as neutralizam. Isso leva a cargas virais mais altas, o que leva a uma enfermidade mais grave (HAYES e GUBLER, 1992).

## 2.2. Os vetores: *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*

Há duas espécies principais de mosquitos do gênero *Aedes* capazes de transmitir, além da dengue, outras arboviroses como chikungunya, Zika e febre amarela: *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (OLIVEIRA, et al. 2004)

O agente etiológico da dengue pertence à Família *Flaviviridae* cujo principal é o *Aedes aegypti*, originário do Egito, se dispersou por toda África, onde se adaptou ao ambiente urbano. Posteriormente, dispersou-se pelo mundo por meio das navegações, principalmente pelo tráfico de escravos para as Américas. No Brasil, os primeiros relatos da epidemia de dengue, foram descritos a partir de 1846 (FIOCRUZ, 2016; NELSON, 1986).

O *Aedes albopictus*, originário da Ásia, possui a capacidade de tolerar baixas temperaturas e demonstra preferências por ambientes rurais, semissilvestres e silvestres, e, na ausência de artefatos humanos, alimenta-se de néctar e de sangue de animais silvestres e se reproduz em depósitos naturais (MOORE et al., 1988). A presença do *Aedes albopictus* no Brasil representa risco potencial de transmissão do vírus dengue. A ocorrência de suas formas imaturas em reservatórios de água, agregado às várias fontes de repasto sanguíneo acessíveis nos ambientes urbano e silvestre, revelam o seu gradual estabelecimento no espaço intradomiciliar e a sua potencial participação na transmissão de patógenos zoonóticos para o homem (FORANTTINI, 2002).

Desta forma, os vetores possuem hábitos alimentares diurnos e antropofílicos. No instante em que a inseto pica para sugar o sangue, o mesmo expõe saliva, que possui uma gama de substâncias analgésicas e anticoagulantes. Esta técnica torna os vetores, principalmente o *Aedes aegypti*, um vetor eficiente, pois estes fatores contribuem para que o inseto não seja percebido e consiga sugar o máximo de sangue possível. Neste processo, as partículas de vírus são inoculadas na corrente sanguínea, junto com a saliva do mosquito, ampliando a sua capacidade de transmitir os vírus (SCOTT et al., 1993).

Ainda neste sentido, existe a possibilidade de as fêmeas grávidas infectadas contaminarem os seus ovos (transmissão transovariana ou transmissão vertical) os ovos de *A. aegypti* são colocados em grupos de 10 a 30 ovos por criadouro e tempo decorrido entre a eclosão do ovo e o mosquito adulto



é cerca de 10 dias, sendo influenciado por fatores como a temperatura, que acelera esse processo (NEVES, 2003).

Ademais, os ovos são muito resistentes a dessecação, podendo permanecer até 492 dias na seca, eclodindo após contato com a água nos primeiros 15 minutos (SILVA e SILVA, 1999). Tal característica é vista como uma das principais dificuldades para o seu controle, pois, esta condição permite que o ovo seja transportado a grandes distâncias em ambiente seco. Isto permite observar aumento na população de *Aedes aegypti* durante o período de chuvas (NEVES, 2003).

Além disso, após a cópula, a fêmea alimenta-se de sangue uma ou mais vezes e possuem uma capacidade de voo que ultrapassam 700m/dia (NEVES, 2003) e vão fazer a postura preferencialmente em recipientes artificiais. Esses por sua vez, podem acumular a água da chuva se estiverem a céu aberto ou como reservatório de água para uso doméstico (CONSOLI e OLIVEIRA, 1994).

A etiologia do *Aedes aegypti* beneficia sua ampla dispersão, favorecida nos ambientes urbanos, preferivelmente no intra e no peridomicílio humano. Raramente são encontrados em ambientes semissilvestres ou onde não há presença intensa do homem. A presença dos criadouros em ambiente de convívio com o homem favorece a rápida proliferação da espécie, por dois aspectos: condições ideais para reprodução e fontes de alimentação (FORANTTINI, 2002).

### 2.3. Epidemiologia da dengue

Transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, a dengue é uma doença viral que se espalha rapidamente no mundo. Nos últimos 50 anos, a incidência aumentou 30 vezes, com ampliação da expansão geográfica para novos países e, na presente década, para pequenas cidades e áreas rurais. É estimado que 50 milhões de infecções por dengue ocorram anualmente e que aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas morem em países onde a dengue é endêmica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Na região das Américas, a doença tem se disseminado com surtos cíclicos ocorrendo a cada 3/5 anos. No Brasil, a transmissão vem ocorrendo de forma continuada desde 1986, intercalando-se com a ocorrência de epidemias,

geralmente associadas com a introdução de novos sorotipos em áreas anteriormente indenadas ou alteração do sorotipo predominante.

Na série histórica iniciada em 1990, o maior número registrado foi no ano de 2015 com cerca de 1.649.008 casos prováveis de dengue. Neste ano, o Estado de Sergipe, registrou 7.032 casos prováveis de dengue e Aracaju apresentou 2.767 casos que equivale a 39,35% em relação ao Estado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

#### 2.4. Fatores climáticos e socioambientais

Levando-se em consideração as dimensões continentais do Brasil, as diferenças socioeconômicas e de infraestrutura a distribuição geográfica das doenças transmissíveis não é estática, podendo sofrer expansões ou contrações. Isto é particularmente relevante para as doenças transmitidas por vetores, que são muito expostas a influências de fatores externos (COELHO, 2008).

Estudos prévios, incluindo modelos matemáticos, tem investigado a influência dos efeitos das mudanças climáticas, da transição demográfica e da estrutura urbana na dinâmica de transmissão da dengue. Reconhece-se que, assim como em outras viroses reemergentes, seu desencadeamento se relaciona às atividades humanas que modificam o ambiente (SCHMIDT et al., 2011).

Esses fatores externos, a exemplo das condições climáticas, podem influenciar na distribuição, dispersão e densidade das populações de vetores de doenças. Aliada à desestruturação urbana, os fatores climáticos são fundamentais para a proliferação do *Aedes aegypti*, sendo a precipitação pluviométrica um dos fatores que influenciam o surgimento de potenciais criadouros, sendo marcantes na dinâmica populacional da espécie em questão. Em climas caracterizados pelas variações sazonais, poderá haver períodos favoráveis à intensa proliferação do mosquito e essas flutuações fazem com que as epidemias manifestem-se em épocas até certo ponto previsíveis (OLIVEIRA e DOUH, 2012)

As altas temperaturas influenciam a capacidade vetorial, pois aumentam as atividades de repasto sanguíneo e longevidade das fêmeas, e diminuem o

período de incubação extrínseco no mosquito. Em climas quentes, a fêmea adulta digere o sangue mais rapidamente e se alimenta mais frequentemente, aumentando assim a intensidade da transmissão. Isso ocorre dentro de um intervalo de temperatura de 14-18 °C no limite inferior e de 35-40 °C no limite superior. Temperaturas acima de 34 °C tem um impacto negativo na sobrevivência de vetores torna-se preocupante o aumento da ocorrência de grandes epidemias da doença no mundo, visto que o aquecimento global vem ganhando expressão ano após ano (DONALÍSIO e GLASSER, 2002)

Além da influência direta da temperatura sobre a biologia dos vetores, as mudanças nos padrões de precipitação também podem ter efeitos a curto e em longo prazo em seus habitats. O aumento da precipitação tem o potencial para aumentar a quantidade e qualidade dos locais de reprodução de vetores e a densidade de vegetação, que afeta a disponibilidade de locais de repouso (GITHEKO et al., 2000).

O crescimento populacional, as migrações, as viagens aéreas, a urbanização inadequada, o mau funcionamento dos sistemas de saúde e a elevada densidade populacional foram fatores fundamentais para explicar a reemergência da dengue. Esse modelo de reprodução social, aliada a não disponibilidade de serviços de saneamento ambiental em quantidade e qualidade adequadas, tornam esses ambientes propícios à dinâmica de transmissão da doença (TAUIL , 2001).

A precariedade na oferta desses serviços, principalmente quanto ao abastecimento de água, pode levar à adoção de práticas de estocagem em recipientes, que por sua vez podem figurar como potenciais locais de reprodução do vetor. Somado a isso, o grande fluxo populacional entre localidades, a alta densidade populacional nas áreas metropolitanas, a urbanização desordenada, responsável pela precariedade das condições sócio-sanitárias, bem como a pouca eficácia dos programas governamentais de controle da doença, contribuem para o agravamento da situação, favorecendo a ocorrência de epidemias (SCHMIDT et al., 2011).

Por outro lado, é preciso ressaltar que são exatamente os pobres que vivem em piores condições sociais, ambientais e sanitárias, assim como têm maior dificuldade no acesso aos serviços públicos em geral e de saúde em particular. Inúmeros estudos mostram que os que têm pior renda são exatamente

aqueles que têm também pior acesso a políticas públicas, habitações adequadas, água potável, saneamento, alimentos, educação, transporte, lazer, emprego fixo e sem riscos, assim como aos serviços de saúde (BUSS, 2011; SCHMIDT et al., 2011)

Em estudo na cidade de São Sebastião, São Paulo, foi possível verificar que a temperatura e a pluviosidade propiciaram condições para a ocorrência da doença e contribuíram na geração de novos casos. Estes aspectos foram associados à vulnerabilidade turística da região litorânea em que a cidade se encontra (RIBEIRO et al., 2006).

A implantação de estratégias de controle vetorial propõe análise da efetividade, a partir da avaliação de áreas de risco dentro dos aglomerados urbanos, principalmente nas capitais e nas regiões metropolitanas. A abordagem eco-bio-social podem ser integradas ao mapeamento de áreas de risco (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

## 2.5. Prevenção

O controle do *Aedes* é um importante desafio, especialmente nos países em desenvolvimento. Questões relacionadas a problemas de infraestrutura como falta de coberturas na coleta de lixo e intermitência no abastecimento de água, são fatores que comprometem a efetividade dos métodos tradicionais de controle. Mesmo em situações em que os recursos destinados ao controle do vetor sejam apropriados para a implementação de programas, por vezes não se tem atingido sucesso (COELHO, 2008).

O combate ao *Aedes aegypti* foi sistematizado e intensificado no Brasil a partir do século XX, afim, de conter os casos de febre amarela urbana, que havia levado milhares de pessoas a óbito. O controle vetorial era realizado por meio de eliminação mecânica de criadouros. Por outro lado, quando não concebível a eliminação, tratavam-se os criadouros com larvicidas e ainda aplicava-se outros tipos de inseticidas (COELHO, 2008).

Este inseto chegou a ser erradicado do país por duas vezes entre 1958 e 1973. Porém, em 1976, apareceram os primeiros casos da reinserção do vetor

no Brasil, provocado por erros na vigilância epidemiológica e pelo crescimento populacional acelerado (COSTA et al., 2010).

Neste sentido, existe basicamente três tipos de mecanismos de controle: mecânico, biológico e químico.

- Controle mecânico: consiste em eliminar o vetor e criadouros ou diminuir o contato do mosquito com o homem. Estas envolvem a proteção, eliminação ou a destinação adequada de criadouros, drenagem de reservatórios e instalação de telas em portas e janelas. No Brasil, os Agentes Comunitários de Saúde e Agentes de Combate a Endemias, em parceria com a população, devem proporcionar o controle mecânico e químico do vetor. Além disso, o Ministério da Saúde promove ações educativas durante as visitas domiciliares dos Agentes Comunitários, com a intenção de certificar a permanência da eliminação dos criadouros pelos proprietários dos imóveis, na tentativa de romper a cadeia de transmissão das doenças (BRAGA e VALLE, 2007).

- Controle biológico: consiste na utilização de predadores ou patógenos com potencial para reduzir a população vetorial. Dentre os predadores estão os peixes e os invertebrados aquáticos, que comem as larvas e pupas. Já as opções de patógenos estão bactérias, fungos e parasitas (BRAGA e VALLE, 2007). Uma dessas bactérias é a *Bacillus thuringiensis israelenses*, um bacilo com potente ação larvicida, por sua produção de endotoxinas proteicas. Entretanto, a redução do número de larvas nos recipientes tratados ocorre em curto prazo e ainda não há estudos que evidenciem sua eficácia em longo prazo (RITCHIE et al., 2010).

- Controle químico: consiste no uso de produtos químicos, neurotóxicos, análogos de hormônio juvenil e inibidores de síntese de quitina, para matar larvas e insetos adultos. É um tipo de controle recomendado mediante uso racional e seguro para o meio ambiente e para a população, complementar às ações de vigilância e manejo ambiental, devido à possibilidade de seleção de vetores resistentes aos produtos e da geração de impactos ambientais (WHO, 2016)

### 3. OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi desenvolver um modelo através de métodos de regressão afim de determinar o grau de influência dos fatores sociais e ambientais na incidência de dengue em Sergipe.

#### 3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Identificar variáveis potencialmente determinantes para infestação do mosquito transmissor da dengue, *Aedes aegypti* no Estado de Sergipe
- II. Utilizar o método de análise de componentes principais de forma a auxiliar na construção do modelo de regressão linear.
- III. Estabelecer uma relação entre a incidência de dengue (variável dependente) e variáveis independentes em um modelo de regressão.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Local do estudo

O estudo foi desenvolvido no Estado de Sergipe, o menor dos estados brasileiros, com área territorial de 21.915,116km<sup>2</sup>, localizado no Nordeste do Brasil. O estado está localizado a menos de 300 m de altitude com predominância de terras planas ou levemente onduladas. Possui clima tropical mais úmido no litoral e semiárido no sertão, com temperatura média anual de 26°C e pluviosidade média anual de 1600mm. O período chuvoso é concentrado em maio, junho e julho. É dividido em 75 municípios, divididos nas mesorregiões Leste, Agreste e Sertão, com diferentes características territoriais, físicas, demográficas e de infraestrutura.

### 4.2. Materiais

Os materiais utilizados neste estudo podem ser divididos em dois grupos: bases de dados e software. As bases de dados foram divididas nos subgrupos: variável dependente (incidência de dengue) e variáveis independentes (dados sobre precipitação e infraestrutura urbana). Todos os dados relacionam informações mensais do Estado de Sergipe no período 2001 a 2012.

#### 4.2.1. Bases de Dados

##### 4.2.1.1. Variável Dependente: Incidência de Dengue em Sergipe

Foram incluídos no estudo os casos de Dengue em residentes no estado de Sergipe, registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), disponibilizados no DATASUS. O número, referente a população total de cada ano do período em estudo, foi obtida no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foram calculados os coeficientes de incidência mensal e anual destes casos em Sergipe por 10.000 habitantes para o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2012. Incidência é o número de novos casos de uma doença que

ocorrem durante um período de tempo em uma população em risco de desenvolvê-la (WAGNER, 1998). A partir da incidência, realizou-se um estudo descritivo calculando-se o mínimo, máximo, desvio padrão, coeficiente de variação e média da incidência em cada ano. Os coeficientes de incidência anuais foram calculados pela divisão do total de casos de cada período pela respectiva estimativa de população e multiplicação dos resultados por 10.000.

#### 4.2.1.2. Variáveis Independentes: Precipitação e infraestrutura urbana do Estado de Sergipe

As informações de infraestrutura urbana foram obtidas do Observatório de Sergipe e do PNAD e informações relacionadas à média mensal de precipitação pluviométrica foram obtidos no Sistema meteorológico de Sergipe, disponível no site <http://www.simese.se.gov.br>. As oito variáveis contextuais preditoras estão descritas na no Quadro 1.

**Quadro 1** - Dicionário de variáveis independentes

Nome da variável	Descrição das variáveis
PREC_TOTAL	Média da precipitação total mensal
COL_LIXO	Proporção de domicílios particulares permanentes cuja coleta de lixo foi realizada por serviço de limpeza
LIXO_CD	Proporção de domicílios particulares permanentes cuja a coleta de lixo é realizada diretamente.
AGUA	Proporção de domicílios particulares permanentes ligados à rede geral de água
AGUA_CI	Proporção de domicílios particulares permanentes com abastecimento de canalização interna
ESGOTO	Proporção de domicílios particulares permanentes ligados à rede geral de esgoto ou com fossa séptica
ESGOTO_RC	Proporção de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário ligado à rede coletora.
S_ESS	Taxa de Serviços Essenciais: Abastecimento de água, de esgotamento sanitário, manejo dos resíduos sólidos e de águas pluviais



#### 4.2.2. Software

Os dados foram organizados no Excel 2016 e analisados por meio do *Software Statistical Package for Social Scienses* (SPSS versão 20.0, IBM Inc., Chicago, EUA, 2008) e software R (Project for Statistical Computing) versão 3.3.1.

#### 4.3. Métodos

##### 4.3.1. Teste de hipóteses para normalidade

O teste de Shapiro-Wilk determina uma variável estatística (W) calculada sobre os valores amostrais ordenados elevados ao quadrado, buscando aferir se uma amostra aleatória é originária de uma distribuição normal. Devido seu grande poder de resolução, este método tem sido adotado preferencialmente nos testes de normalidade (GROSS, 2012).

A variável W é calculada da seguinte forma:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Descrição das hipóteses:

H0: Os dados possuem uma distribuição normal.

H1: Os dados não possuem uma distribuição normal.

Rejeitar H0 ao nível de significância  $\alpha$  se  $W_{\text{calculado}} < W_{\text{tabelado}}$ , ou ainda, se  $p\text{-valor} < \alpha$ .

##### 4.3.2. Correlação de Spearman

A análise de correlação fornece um número que resume o grau de relacionamento linear entre duas variáveis. Em suma, a medida que o valor de r se aproxima de 1 ou de -1 a correlação entre as variáveis se torna forte. Quando r tende para “zero” a correlação passa a ser fraca (LEVINE et al., 2016)

É importante salientar, que para gerar um modelo de regressão é desejável que a variável dependente tenha correlação com variáveis independentes, entretanto em termos de multicolinearidade, é preciso que variáveis explicativas tenham baixa correlação entre si, mas, é necessário que elas apresentem correlações elevadas com a variável dependente (HAIR et al., 2009).

#### 4.3.3. Componentes Principais

A análise de componentes principais é uma técnica da estatística multivariada cuja proposta consiste na redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente, quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis inter-relacionadas. Esta técnica mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto, isto é, com a menor perda possível de informação. Além disso, esta também busca eliminar algumas variáveis originais que possuam pouca informação (HOTELLING, 1933)

Desta forma os principais objetivos desta técnica são:

- I. Redução da dimensionalidade dos dados;
- II. Obtenção de combinações interpretáveis das variáveis;
- III. Descrição e entendimento da estrutura de correlação das variáveis.

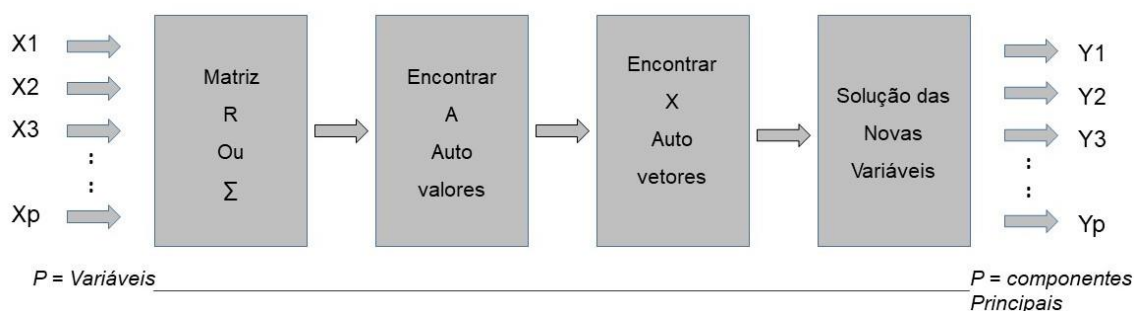
Sendo assim, essa redução é feita transformando o conjunto de variáveis originais  $p$  ( $X_1, \dots, X_p$ ) em um novo conjunto com  $p$  variáveis ( $Y_1, \dots, Y_p$ ) denominadas componentes principais, que sejam não correlacionados na ordem de sua importância, ou seja,  $Y_1$  é a componente que explica a maior parte da variabilidade dos dados,  $Y_2$  explica a segunda parcela e assim consecutivamente (MANLY, 2005).

Em síntese, esta técnica é considerada um método fatorial, pois a redução do número de variáveis não se trata de uma convencional seleção de variáveis, mas, a construção de novas variáveis sintéticas, obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais através de fatores (BOUROCHE, 1982). Essa redução de variáveis só será viável se as  $p$  variáveis iniciais não forem independentes e apresentarem coeficientes de correlação não-nulos, isso significa que, se as variáveis originais não estão correlacionadas, a análise de componentes principais não oferece vantagem alguma (REGAZZI, 2001).

Os componentes principais apresentam propriedades importantes (JOHNSON e WICHERN, 1998).

- I. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais;
- II. São independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação;
- III. O máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados

**Figura 1:** Etapas da aplicação da análise de componentes principais.



Fonte: SOUZA, A.M. (2000, p.25)

Como é possível observar na **Figura 1**, para a determinação das componentes principais, é necessário calcular a matriz de variância-covariância ( $\Sigma$ ), ou a matriz de correlação ( $R$ ), encontrar os autovalores e os autovetores e, por fim, escrever as combinações lineares, que serão as novas variáveis, denominadas de componentes principais, sendo que cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em ordem de estimação e em termos da variação total, contida nos dados iniciais e colocadas em ordem decrescente por suas variâncias,  $\text{VarCP}_1 > \text{VarCP}_2 > \dots > \text{VarCP}_p$  (VERDINELLI, 1980). O critério de Kaiser (1958) diz que para selecionar componentes principais deve-se verificar se o seu respectivo autovalor é maior que um.

#### 4.3.4. Regressão Linear

A análise de regressão múltipla que tem por objetivo descrever a relação existente entre a incidência de dengue e os fatores socioambientais e climáticos, a partir de  $n$  observações dessas variáveis. A utilização dos modelos de

regressão pode ter por finalidade realizar previsões, seleção de variáveis, estimação de parâmetros e inferência sobre os parâmetros utilizados. O modelo de regressão linear múltiplo pode ser escrito como (PEARSON, 1895)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon_i \quad (2)$$

onde:  $Y_i$  é chamada de variável dependente do modelo. Esta é a principal do estudo, cujo variabilidade pretende-se explicar através das variáveis  $X_i$ 's, chamadas de variáveis independentes do modelo.  $\beta_i$ 's são os parâmetros do modelo e  $\varepsilon_i$  são os erros aleatórios.

Ao estabelecer esse modelo, pressupõe-se que (GUJARATI, 2005):

- $Y_i$  é uma função linear das variáveis explicativas  $X_i, i = 1, 2, \dots, p$ ;
- Os valores de  $X_i$  são fixos (ou controlados);
- $E(\varepsilon_i) = 0$ ;
- Os erros são homocedásticos, isto é,  $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$ ;
- Os erros são independentes, isto é,  $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, i \neq j$ ;
- Os erros possuem distribuição Normal;
- Ausência de multicolinearidade, ou seja, correlação significativa entre as variáveis independentes do modelo.

As estimativas dos parâmetros do modelo geralmente são realizadas pelo método de Mínimos Quadrados (LEGENDRE, 1805), podendo também ser aplicado o método de Máxima Verossimilhança (WILKS, 1938). Sobre os parâmetros estimados serão realizados testes de hipótese e inferências.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise Descritiva

No período de janeiro de 2001 a dezembro de 2012 foram registrados 52.143 casos de dengue em residentes do estado de Sergipe. Na **Tabela 1** verificamos que o ano de maior incidência foi o ano de 2008 com 17.950,00 casos notificados com taxa de incidência de 7,482 a cada 10.000 habitantes. O ano de 2004 foi o de menor incidência na série de anos desse estudo com 133 casos notificados com taxa de incidência de 0,057 a cada 10.000.

**Tabela 1** – Resumo descritivo da taxa de incidência de casos de dengue a cada 10.000 habitantes, Sergipe, 2001-2012.

Ano	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
2001	0,149	2,746	0,955	0,762	125,33%
2002	0,347	2,009	1,005	0,611	164,48%
2003	0,171	2,737	1,074	0,939	144,38%
2004	0,016	0,114	0,057	0,031	183,87%
2005	0,015	0,224	0,114	0,062	183,87%
2006	0,039	0,619	0,204	0,184	110,87%
2007	0,134	0,944	0,336	0,238	141,18%
2008	0,095	34,810	7,482	12,580	59,48%
2009	0,020	0,713	0,215	0,221	97,29%
2010	0,193	0,382	0,192	0,111	172,97%
2011	0,129	1,718	0,857	0,498	172,09%
2012	0,052	3,600	1,401	1,197	117,04%

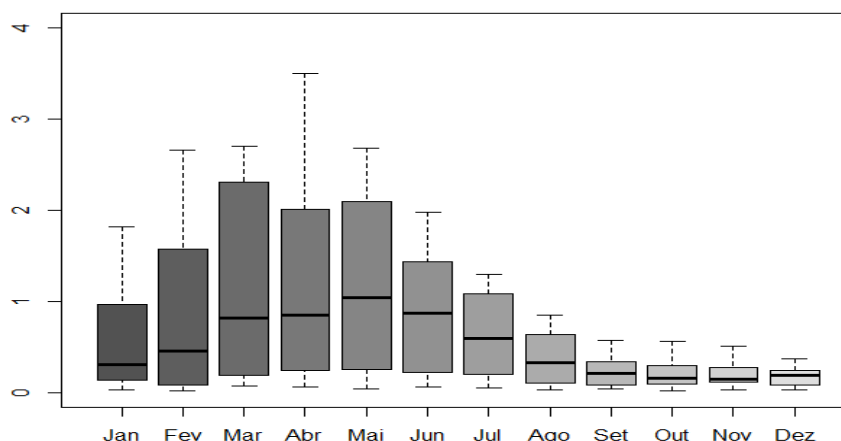
Fonte: Próprio autor

Em estudo realizado por Alves *et al* (2011), foi discutido a epidemia da dengue vivida em Aracaju no ano de 2008, onde foi possível observar uma maior incidência (por mil habitantes) em mulheres (20,5), com idades entre 5 e 15 anos (26,1) e cor de pele parda (28,1) e uma taxa de letalidade nos casos graves de 4,6%.

No período em estudo os meses de fevereiro, março, abril, maio e junho apresentaram em média uma maior incidência (Figura 2) coincidindo com o Outono em Sergipe, que é caracterizado como o período mais chuvoso do ano, é também, a estação de passagem entre o verão e o inverno acarretando

variações nas condições do tempo. Desta forma, as taxas de incidência da dengue mostraram um comportamento sazonal concentrando-se nos primeiros meses do ano, atingindo seu auge em maio. Esta sazonalidade da doença, associada a condições climáticas, também foi observada por outros autores em estudos semelhantes (RIBEIRO et al., 2006; LAMBRECHTS et al., 2011; CARRINGTON et al., 2013; BARACHO et al., 2014).

**Figura 2:** Taxa de incidência de casos de dengue a cada 1.000 por mês, Sergipe, 2001-2012.



Fonte: Próprio autor

O início da construção da base de dados teve um total de 8 variáveis. Uma variável climática e sete variáveis referentes ao saneamento básico (serviços essenciais, água, esgoto e lixo).

Na **Tabela 2** são apresentados os valores de precipitação pluviométrica para o Estado de Sergipe. Sendo assim, notamos que nos anos de 2006 e 2008 tiveram os maiores índices pluviométricos, sendo estes, os anos com incidência de dengue significativas. Além disso, podemos observar que os meses de Abril, Maio, Junho e Julho são os meses com maior índices pluviométricos, desta forma, nota-se que nesse período temos as maiores taxas de incidência de dengue devido as características sazonais do vetor.

Corroborando com o presente estudo, Costa e Calado (2016) em pesquisa realizada na Bahia foi possível notar que a incidência da dengue e a ocorrência do vetor *Aedes aegypti* no período em estudo foram maiores na época de chuvas, pois formam condições ideais para a reprodução do vetor e a consequente proliferação dos casos de dengue.

**Tabela 2** – Precipitação, médias anuais e médias mensais, Sergipe, 2001-2012.

Ano	Precipitação Total	Mês	Precipitação Total
2001	56,00	JANEIRO	62,73
2002	52,00	FEVEREIRO	74,29
2003	102,79	MARÇO	71,38
2004	95,21	ABRIL	142,51
2005	93,30	MAIO	252,36
2006	120,29	JUNHO	165,28
2007	98,10	JULHO	157,63
2008	113,68	AGOSTO	106,28
2009	109,06	SETEMBRO	62,95
2010	102,78	OUTUBRO	67,67
2011	108,73	NOVEMBRO	29,59
2012	61,80	DEZEMBRO	19,03

Fonte: Próprio autor

Na **Tabela 3** são apresentados os valores relacionados ao saneamento básico. Esta por sua vez é definida como atividades relacionadas ao abastecimento de água potável, o manejo de água pluvial, a coleta e tratamento de esgoto, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, visando à saúde das comunidades. No total foram analisadas 7 variáveis.

**Tabela 3** – Saneamento básico, médias e desvios padrões, Sergipe, 2001-2012.

Variável	Mínimo(%)	Máximo(%)	Média (%)	Desvio Padrão(%)	Coeficiente de Variação(%)
COL_LIXO	77,91	90,95	82,58	3,13	3,79
LIXO_CD	70,69	89,83	78,28	5,61	7,17
AGUA	83,59	95,06	88,56	3,50	3,95
AGUA_CI	82,19	93,40	87,04	2,99	3,44
ESGOTO	29,35	63,38	52,68	5,82	11,05
ESGOTO_RC	29,01	52,27	31,16	7,48	24,01
S_ESS	55,39	76,42	67,15	5,68	8,46

Fonte: Próprio autor

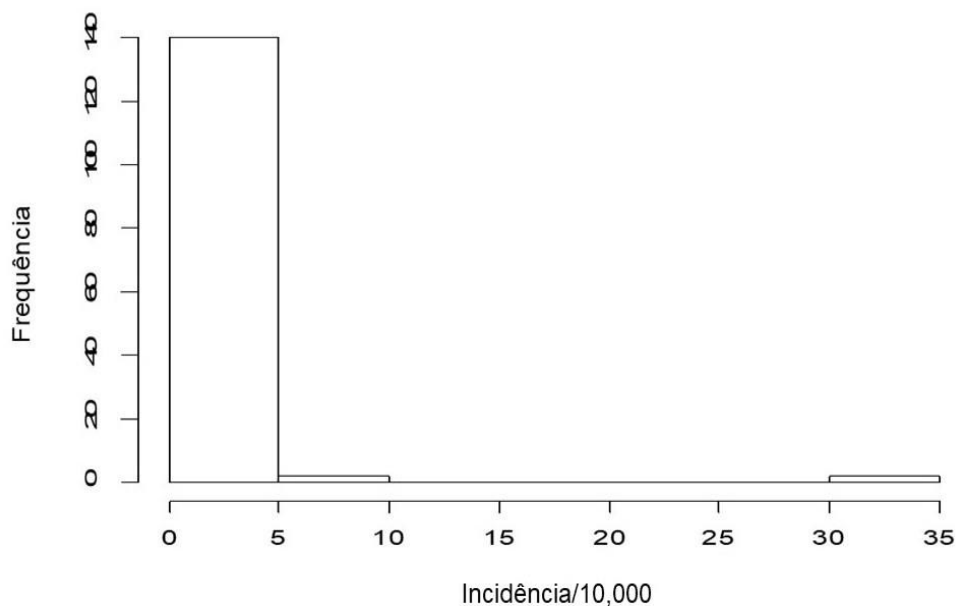
Notamos ainda, que o abastecimento de água é deficiente, fato este que obriga a população a estocar volumes complementares em reservatórios, gerando locais propícios para a reprodução do vetor. Além disso, a coleta de lixo deficitária gera criadouros artificiais (FORANTTINI, 2002).

## 5.2. Análise do modelo de regressão

Afim de analisar estatisticamente quais variáveis preditoras com maior potencialidade de contribuir para a incidência de dengue foi utilizado o método de regressão linear múltipla.

Assim, a primeira etapa consistiu em analisar o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para a variável dependente “Incidência de Dengue”. Com o nível de significância  $p < 0,05$ , o resultado do teste de normalidade indica que a incidência de dengue não segue uma distribuição normal ( $W = 0,237$ ,  $p\text{-value} < 0,000$ ). Com o objetivo confirmatório foi plotado o histograma (**Figura 3**) da variável em questão, notando-se na disposição dos dados decaimento exponencial.

**Figura 3:** Histograma da Incidência de dengue.

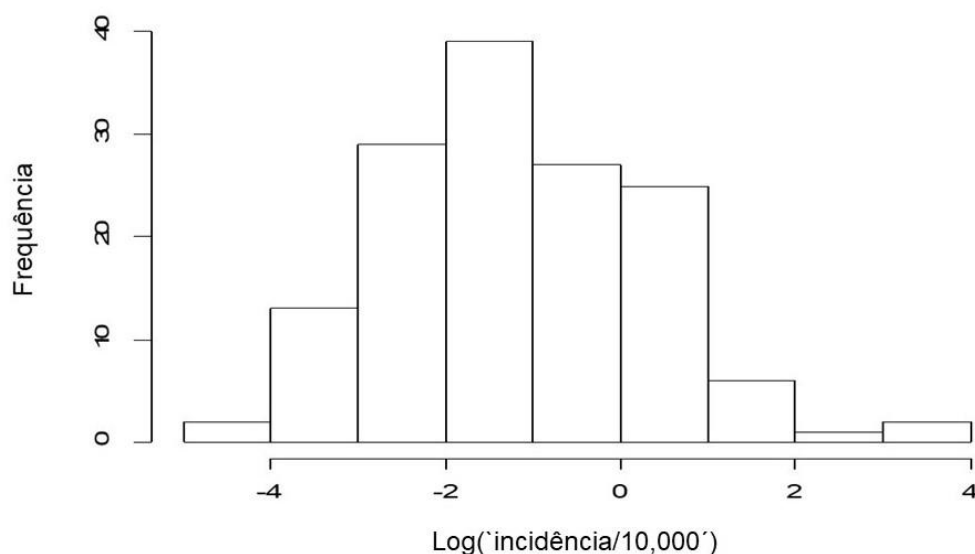


Fonte: Próprio autor

Neste caso de não normalidade, a transformação logarítmica da variável dependente pode gerar um conjunto de dados com distribuição normal. Com um nível de significância  $p > 0,05$ , os dados referentes ao log da incidência de dengue seguem uma distribuição normal ( $W = 0,984$ ,  $p\text{-value} = 0,1003$ ). Com o objetivo confirmatório foi plotado o histograma (**Figura 4**) da variável em questão. Mediante tal resultado optou-se por usar o log da incidência de dengue no modelo.



**Figura 4:** Histograma do log (Incidência de dengue/10.000).



Fonte: Próprio autor

Em um segundo momento, foi realizado um estudo de correlação entre as variáveis dependentes e independentes. Desta forma, foi possível verificar, **Tabela 4**, correlação significativa positiva (0,314) entre o log da incidência e a precipitação total. Portanto podemos concluir que quanto maior a precipitação de chuvas maior a incidência de dengue. Além disso, notou-se correlação significativa e negativa entre o log da incidência e serviços essenciais (-0,482), esgotamento sanitário recolhido por rede coletora (-0,244) e esgotamento sanitário (-0,248). Deste modo, fica claro que quanto menor o valor dessas, maior a incidência de dengue. Sugere-se através disso que a falta de saneamento básico está diretamente ligada a proliferação do vetor do vírus da dengue. As demais variáveis não apresentaram correlação estatisticamente significativa com a incidência de dengue.

Por outro lado, observamos que há a presença de multicolinearidade entre as variáveis independentes, ou seja, as variáveis independentes possuem relações lineares exatas ou aproximadamente exatas. Este tipo de modelo gera um  $R^2$  cujo valor é elevado, porém nenhum coeficiente da regressão é estatisticamente significativo de acordo com a estatística t- Student. Os resultados da multicolinearidade em uma regressão são a de erros-padrão elevados no caso de multicolinearidade moderada ou severa e até mesmo a impossibilidade de qualquer estimação se houver relação perfeita.

**Tabela 4:** Correlação de Spearman entre variáveis dependentes e independentes.

	LOG_INC	PREC_TOTAL	COL_LIXO	LIXO_CD	AGUA	AGUA_CI	ESGOTO	ESGOTO_RC	S_ESS
LOG_INC	1,00								
PREC_TOTAL	0,314**	1,00							
COL_LIXO	-0,05	-0,051	1,000						
LIXO_CD	0,550	-0,094	0,790**	1,000					
AGUA	-0,15	-0,093	0,706**	0,888**	1,000				
AGUA_CI	-0,14	-0,060	0,755**	0,825**	0,874**	1,000			
ESGOTO	-0,244**	-0,045	0,363**	0,386**	0,313**	0,176*	1,000		
ESGOTO_RC	-0,248**	-0,031	0,140	0,476**	0,119	0,203*	0,337**	1,000	
S_ESS	-0,482**	-0,038	0,538**	0,692**	0,552**	0,783**	0,207*	0,490**	1,00

\*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades); \*\*. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). Fonte: Próprio autor

A presença de correlação exerce forte influência na construção de modelos de regressão causando instabilidade e provocando erros em seus coeficientes (MONTGOMERY, 2009). Sendo assim, optou-se pelo método de componentes principais afim de contornar este problema.

### 5.3. Análise de Componentes Principais

Nesta etapa, podemos analisar a **Tabela 5**, onde consideramos apenas as primeiras três componentes. Estas explicam 82,45% da variância total.

**Tabela 5** – Análise de componentes principais.

Componente	Total	% de variância	% cumulativa
1	4,344	54,305	54,305
2	1,247	15,584	69,889
3	1,005	12,561	<b>82,450</b>
4	,703	8,792	91,243
5	,336	4,205	95,447
6	,233	2,915	98,363
7	,091	1,133	99,496
8	,040	,504	100,000

Fonte: Próprio autor

Para selecionar quais variáveis devem ser substituídas pelos componentes deve-se utilizar o peso em que cada componente principal possui em cada variável original. Desta forma analisando **Tabela 6** a seguir, observa-se:

- CP1 ⇒ Serviços essenciais, abastecimento de água, coleta direta de lixo, abastecimento canalizado de água, coleta de lixo total;
- CP2 ⇒ esgotamento sanitário, esgotamento sanitário ligado à rede coletora;
- CP3 ⇒ precipitação total;

Os escores fornecidos pelos três componentes que compõem a **Tabela 6**. Esses são os valores das variáveis explicativas consideradas para o ajuste do modelo de regressão linear.

**Tabela 6** – Análise de fatores com rotação Varimax e comunalidade referentes as variáveis explicativas.

	Componente		
	CP1	CP2	CP3
PREC_TOTAL	-0,008	0,001	<b>0,998</b>
COL_LIXO	<b>0,839</b>	-0,106	-0,015
LIXO_CD	<b>0,902</b>	0,267	-0,048
AGUA	<b>0,916</b>	0,085	-0,044
AGUA_CI	<b>0,945</b>	0,190	0,025
ESGOTO	-0,043	<b>0,846</b>	-0,015
ESGOTO_RC	0,381	<b>0,780</b>	0,025
S_ESS	<b>0,842</b>	0,183	0,064

Fonte: Próprio autor

#### 5.4. Regressão linear

Com a finalidade de encontrar um modelo para a Incidência de dengue, foram ajustados modelos de regressão linear múltipla utilizando as componentes principais geradas. Utilizou-se o R para a análise de regressão múltipla, a qual obteve os seguintes valores, conforme a **Tabela 7**:

**Tabela 7** - Estatística da regressão linear múltipla.

R quadrado	0,256	R quadrado ajustado	0,241	
Observações	144	Erro padrão	1,279	
Variáveis	Coeficientes	Erro Padrão	Stat T	Valor-P
Interseção	-1,173	0,106	-11,009	0,000**
CP1	-0,277	0,107	-2,590	0,01*
CP2	-0,545	0,107	-5,096	0,000**
CP3	0,423	0,107	3,951	0,000**

\*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades); \*\*. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). Fonte: Próprio autor.

Assim, a equação de regressão múltipla, obtida a partir dos dados e transformações realizadas é:

$$\log \text{incidência} = -1,173 - 0,0277 \text{ CP1} - 0,545 \text{ CP2} + 0,423 \text{ CP3} \quad (3)$$

Analisando o  $R^2$ , 25,6% da variabilidade da incidência é explicado pelo modelo gerado. Os demais 74,4% podem ser explicados por outros fatores não mencionados no modelo. Este resultado é indicativo de que os fatores envolvidos na incidência de dengue são de origem multicausais.

Através dos resultados da regressão, é possível verificar uma relação significativa e negativa do CP1 (Serviços essenciais, coleta de lixo total, coleta direta de lixo, abastecimento de água, abastecimento canalizado de água) e incidência de dengue. Em suma, a deficiência dos serviços básicos de saneamento influencia no crescimento da incidência em 2,77%.

Nessa perspectiva, outros estudos no Brasil (CORDEIRO et al., 2011; BARRETO e TEIXEIRA, 2008; MONDINI e CHIARAVALLLOTI, 2007), reportam que fatores relacionados a falta de abastecimento regular de água obriga a população a estocar volumes complementares em reservatórios.

Além disso, sem a coleta regular, o lixo deixado nas ruas, quintais e terrenos baldios passa a acumular a água da chuva, retida em recipientes, e facilita a instalação dos criadouros do *Aedes aegypt* (PAIVA et al., 2012). Por conseguinte, a falta de infraestrutura e saneamento básico nas cidades acarretam como fator de risco para reprodução do vetor do vírus da dengue (TEIXEIRA e MEDRONHO, 2008).

Seguindo neste raciocínio, é possível verificar uma relação significativa e negativa do CP2 (esgotamento sanitário, esgotamento sanitário ligado à rede coletora) e incidência de dengue.

De fato, a deficiência do esgotamento sanitário influencia no crescimento da incidência em 54,50%, fato este discutido em pesquisa realizada por Beserra et al (2010), onde evidenciam que, apesar do vetor preferir ter a sua reprodução em reservatórios de águas limpas, observou-se as novas adaptações às situações impostas pelo homem, utilizando outros tipos de criadouros em ambientes que anteriormente eram desfavoráveis, como esgotos a céu aberto encontrados em vários centros urbanos.

Finalmente, notou-se uma relação significativa e positiva do CP3 (pluviosidade) e incidência de dengue. Em suma, o aumento das chuvas elevam a incidência em 42,30%. Isto acontece porque a precipitação eleva a oferta de criadouros, já que, a água acumulada em poças, ou recipientes diversos, favorece a proliferação das larvas do *Aedes aegypti*.

Esse resultado corrobora com pesquisa realizada por Magalhães e Zanella (2015) cujo objetivo foi traçar o perfil de transmissão temporal da dengue em Fortaleza, entre os anos 2001 a 2013, em função das características climáticas da região. Notou-se nesse estudo que o aumento da infestação de *Aedes aegypti* ocorre com o aumento das precipitações pluviométricas. O ápice dos casos ocorre, comumente, com intervalo de um a dois meses depois do aumento das chuvas e da temperatura do ar.

O resultado da análise de variância (ANOVA) pode ser observado na **Tabela 8**, mostrando que a equação obtida, é significativamente aderente, já que seu valor p é extremamente pequeno (0,000).

**Tabela 8:** Anova regressão múltipla.

ANOVA	Gl	Soma dos Quadrados	Quadrado médio	F	Valor-p
Regressão	3	79,056	26,352	16,097	0,000**
Resíduo	140	229,196	1,637		
Total	143	308,252			

\*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades); \*\*. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). Fonte: Próprio autor

A última etapa consiste em analisar os pressupostos da regressão:

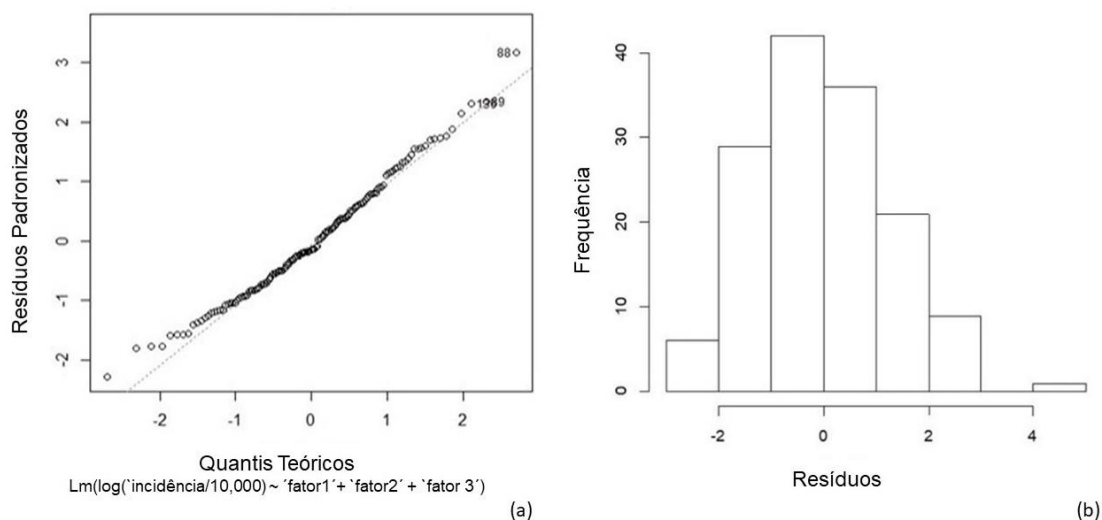
i. Linearidade

O pressuposto de linearidade, foi verificado através do teste de F na análise de variância, seja pelo  $R^2$  ajustado, seja pelo alto valor da estatística F e o seu valor p correspondente. Assim, a equação utilizada pressupõe uma relação linear entre as variáveis independentes e a dependente.

ii. Diagnóstico de Normalidade

O teste de Shapiro Wilk (p-valor=0.1725) indica que os resíduos seguem uma distribuição normal, fato este comprovado com a plotagem do histograma dos resíduos e o Q-Q plot na **Figura 5**. A normalidade dos resíduos é uma suposição essencial para que os resultados do ajuste do modelo de regressão linear sejam confiáveis.

**Figura 5:** Análise da normalidade dos resíduos da regressão. (a) Normal Q-Q Plot;  
(b) Histograma dos resíduos.

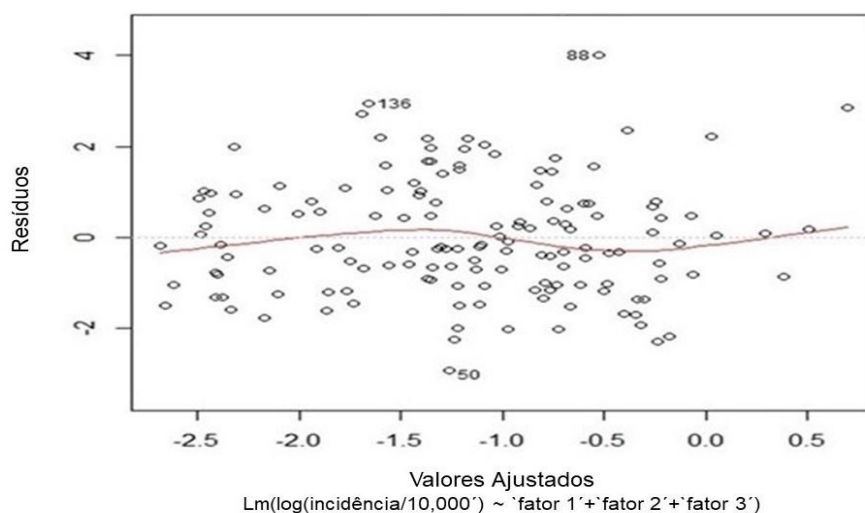


Fonte: Próprio autor

### iii. Diagnóstico de Homocedasticidade

A partir da análise visual da dispersão dos dados na **Figura 6** notamos que os pontos estão aleatoriamente distribuídos em torno do 0, sem nenhum comportamento ou tendência. Sendo assim, temos indícios de que não há uma violação do pressuposto da homocedasticidade.

**Figura 6:** Análise da homocedasticidade.

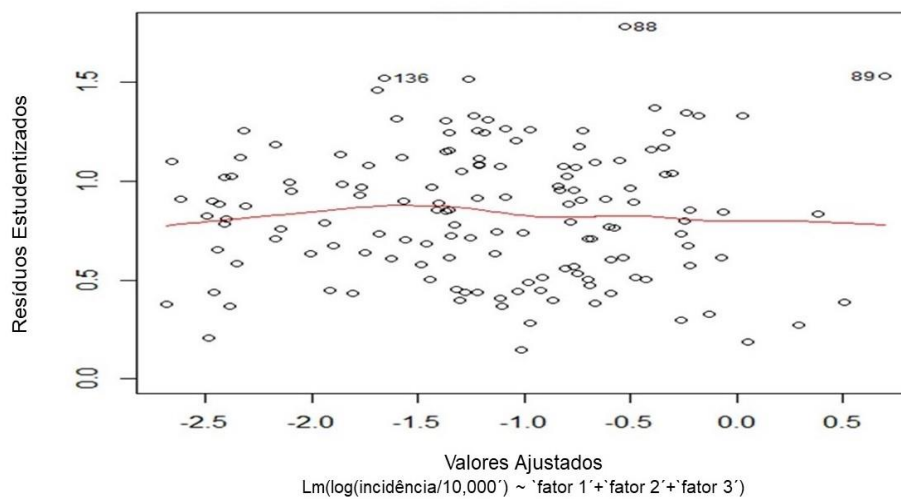


Fonte: Próprio autor

#### iv. Independência dos erros

Uma das maneiras é plotar os resíduos obtidos contra o tempo ou a ordem em que foram observadas e analisar a existência ou não de algum tipo de padrão no gráfico. A **Figura 7** mostra que não há um padrão nos valores residuais o que permite concluir não haver independência entre os dados, isto é, não há autocorrelação, portanto os erros são independentes.

**Figura 7:** Análise da independência dos erros.

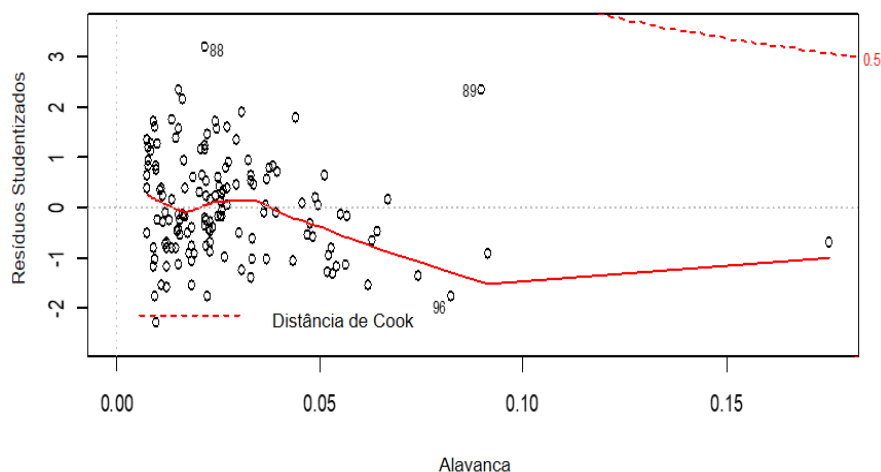


Fonte: Próprio autor

#### 5.5. Ponto de alavanca

Neste modelo não foi observado a presença de ponto de alavanca, devido a ausência de *outliers* que afetem muito o resultado da análise de regressão.

**Figura 8:** Análise do Ponto de alavanca





## 6. CONCLUSÕES

Mediante resultados discutidos anteriormente, a análise das características epidemiológicas da dengue no período de 2001 a 2012 em Sergipe, permitiu a identificação de uma epidemia no ano de 2008 e incidência oscilante no decorrer dos anos, que apresentaram padrões semelhantes de distribuição temporal predominando nos meses de março, abril e maio.

Ademais, um trabalho preliminar de correlação entre as 8 variáveis, constatou-se que a precipitação total, serviços essenciais e esgotamento sanitário poderiam influenciar estatisticamente na incidência de dengue, entretanto foi observada a presença de multicolinearidade entre as variáveis independentes. Sendo assim, foi necessária a aplicação do método de componentes principais para contornar este problema.

Desta forma, 3 componentes principais foram selecionados CP1 (Serviços essenciais, abastecimento de água, coleta direta de lixo, abastecimento canalizado de água, coleta de lixo total); CP2 (esgotamento sanitário, esgotamento sanitário ligado à rede coletora); CP3 (precipitação total);

Com a finalidade de encontrar um modelo para a Incidência de dengue, foram ajustados modelos de regressão linear múltipla utilizando as componentes principais geradas. Assim, o modelo de regressão gerado explica 25,6% da variabilidade da incidência. Este resultado é indicativo de que os fatores envolvidos nessas ocorrências são de origem multicausais.

Neste sentido, a deficiência no esgotamento sanitário e serviços essenciais (água, esgoto e coleta de lixo), implicam no aumento da incidência de dengue. Isto indica que a falta de infraestrutura e saneamento básico nas cidades acarretam como fator de risco para reprodução do vetor do vírus da dengue. E, finalmente, temos que o aumento da precipitação eleva o número de casos de dengue. Isto acontece porque o aumento das chuvas eleva a oferta de criadouros.

O resultado da análise de variância (ANOVA) mostra que a equação obtida, é significativamente aderente, já que seu valor  $p$  é extremamente pequeno (0,000). Além disso, a análise dos pressupostos da regressão nos permite concluir que o modelo é adequado.

Por fim, acredita-se que o modelo obtido, apesar de sucinto, é viável, pois permite através de informações limitadas, determinar resultados estatísticos importantes que podem ser aplicados em projetos dos Serviços de Vigilância Epidemiológica na prevenção e controle do vetor do vírus da dengue. Contudo, torna-se necessária a investigação mais especializada dessas e de outras variáveis relacionadas a aspectos sócio demográficos e ambientais, com a finalidade de atingir a excelência explicativa da dinâmica deste agravo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES J. A. B.; SANTOS J. R.; MENDONÇA E. N.; et al. Epidemiological aspects of dengue in Aracaju, state of Sergipe, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, n. 6, p. 670-673, 2011.
- BARACHO R. C. M.; FILHO A. I.; GONÇALVES A.; NUNES S. T. S.; BORGES P. F. A influência climática na proliferação da dengue na cidade de Areia, Paraíba. **Gaia Scientia** v. 8, n. 1, p. 65-73, 2014.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, p. 53-72, Dezembro 2008. ISSN 64.
- BESERRA, E. B.; FERNANDES, C. R. M.; SOUSA, J. T. DE; FREITAS, E. M.; SANTOS, K. D. Efeito da qualidade da água no ciclo de vida e na atração para oviposição de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p.1016-1023, 2010.
- BRAGA, I. A. Valle D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiol Serv Saude**, v. 16, n. 4, p. 279-93, 2007.
- BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiol Serv Saude**, v. 16, n. 2, p. 113-8, 2007.
- BRASIL. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de Vigilância Epidemiológica**. 6ª edição. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. p. 231-53 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Dengue. **Portal da Saúde**, 2017. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/dengue>>. Acesso em: 04 jun. 2017.
- BUSS, P. M. Globalização, pobreza e saúde 2007;12(6):1575-1589. **Cien Saúde Coletiva**, v. 12, n. 6, p. 1575-89, 2007.
- CARRINGTON, L. B.; ARMIJOS, M. V.; LAMBRECHTS, L.; BARKER, C. M.; SCOTT, T. W. et al. Effects of fluctuating daily temperatures at critical thermal extremes on *Aedes aegypti* life-history traits. **PLoS One**, v. 8, p. e58824, 2013.
- COELHO GE., G. E. Dengue: desafios atuais. **Epidemiol Serv Saude**, v. 17, n. 3, p. 231-3, 2008.
- CONSOLI, R. B.; OLIVEIRA, R. L. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. **Fiocruz**, Rio de Janeiro, p. 228-36, 1994.
- CORDEIRO, R. et al. Spatial distribution of the risk of dengue fever in southeast Brazil, 2006-2007. **BMC Public Health**, v. 11, p. 355, 2011. ISSN 1.
- COSTA, Z. G. et al. Costa ZGA, Romano APM, Elkhoury ANM, Flannery B. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. Rev Pan-Amaz Saude. **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 2, n. 1, p. 11-26, Março 2010.

DONALÍSIO, M. R.; GLASSER, C. M. Vigilância entomológica e controle de vetores da dengue. **Rev. Bras. Epidemiol**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 259-72, 2002.

FIGUEIREDO, L. T. M.; FONSECA, B. A. L. **Tratado de Infectologia**. São Paulo: Editora Atheneu, 1966. 201-214 p.

FIOCRUZ. Dengue vírus e vetor, Longa trajetória. **FIOCRUZ**, 01 dez. 2016. Disponível em: <<http://www.ioc.fiocruz.br/dengue/textos/longatraje.html>>.

FIOCRUZ. Conheça o comportamento do mosquito *Aedes aegypti*. **Fiocruz**, s/d. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=571&sid=32>>.

FORANTTINI, O. P. Culicidologia médica: identificação, biologia e epidemiologia. **EDUSP**, São Paulo, p. 864-872, 2002.

GITHEKO, A. K. et al. Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. **Bull World Health Organization**, Geneva (Switzerland), v. 78, n. 9, p. 1136-47, 2000.

GUBLER, D. J. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. **Clin Microbiol Rev**, v. 11, n. 3, p. 480–96, 1998.

GROSS J. Nortest: Tests for Normality. 2012. Disponível em: <http://CRAN.Rproject.org/package=nortest>

HAIR, J. F.; WILLIAN, C. B.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HALSTEAD, S. B. Pathogenesis of dengue: challenges to molecular biology. **Science**, v. 239, p. 476-81, 1998.

HAYES, E. B.; GUBLER, D. J. Dengue and dengue hemorrhagic fever. **The Pediatric Infectious Disease Journal**, v. 11, p. 311-17, 1992.

HOTELLING, H. Analysis of a Complex of Statistical Variables Into Principal Components. **Journal of Educational Psychology**, v. 24, p. 417-520, 1933.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 816p.

LAMBRECHTS, L; Paaijmans, K. P.; Fansiri, T.; Carrington, L. B.; Kramer, L. D.; Thomas, M. B.; et al. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 108, p. 7460–65, 2011.

LEGENDRE, A. M. Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes. Paris: Chez Firmin DIDOT, 1805.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; SZABAT, K. Estatística - Teoria e Aplicações - **Usando Microsoft Excel**. 7ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. et al. *Aedes aegypti* in Brazil: genetically differentiated populations with high susceptibility to dengue and yellow fever viruses. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 98, n. 1, p. 43–54, 2004.

MAGALHÃES G. B. ; ZANELLA M. E. A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A FREQUÊNCIA DE DENGUE EM FORTALEZA, CE, BRASIL. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, v. 9, n. 1, p. 35-50, 2015

MANLY, B.F.J. Multivariate Statistical Methods - A Primer. Londres: Chapman & Hall / CRC. 2005. 214 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Combate ao *Aedes*. **Prevenção e combate da Dengue, Zica, Chikungunya**, 2016. Disponível em: <<http://combateaedes.saude.gov.br/pt/noticias/401-ministerio-da-saude-anuncia-r-10-milhoes-para-pesquisas-contra-o-virus-zika>>.

MONDINI, A.; CHIARAVALLLOTI, F. Socioeconomic variables and dengue transmission. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 41, p. 1-7, Dezembro 2007. ISSN 6.

MONTGOMERY D.C. Design and Analysis of Experiments. **John Wiley & Sons** New York, 7th ed, 2009.

MOORE, C. G. et al. *Aedes albopictus* in the United States: rapid spread of a potential disease vector. **J Am Mosq Control Assoc.**, v. 2, n. 3, p. 356-61, 1988.

NELSON, M. J. *Aedes aegypti*: biologia y ecologia. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1986.

NEVES, D. P. **Parasitologia Humana**. 10 Edição. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

OLIVEIRA, E. S.; DOUH, N. Levantamento epidemiológico dos casos de dengue no município de Assis Chateaubriand, Paraná, e sistemas de prevenção e controle. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 10, n. 32, p. 19-27, 2012.

PAIVA, S. A.; SILVA, S. C.; AGUIAR, V. G. DENGUE VERSUS LIXO UMA PROBLEMÁTICA NO JARDIM NOVA ESPERANÇA. **Tese (Doutorado) - Curso de Gestão Ambiental, Faculdade de Tecnologia Senac Goiás**, Goiânia, 2012.

PEARSON K. Contributions to the Mathematical Theory of Evolution. II. Skew Variation in Homogeneous Material. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London.** , v. 186, p. 343- 414, 1895.

REGAZZI, A. J. INF 766 - **Análise Multivariada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Departamento de Informática. 2001. 166p.

RIBEIRO, A. F.; MARQUES, G. M.; VOLTOLINI, J. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 671-76, 2006.

RITCHIE, S. A.; RAPLEY, L. P.; BENJAMIN, S. *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* (Bti) provides residual control of *Aedes Aegypti* in small containers. **Am J Trop Med Hyg**, v. 82, n. 6, p. 1053-9, Junho 2010.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SCHMIDT, W. P. et al. Population Density, Water Supply, and the Risk of Dengue Fever in Vietnam: Cohort Study and Spatial Analysis. **PLoS Medicine**, p. 1-10, 2011.

SCOTT, T. W. et al. Detection of multiple blood feeding in *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae) during a single gonotrophic cycle using a histologic technique. **J Med Entomol**, v. 30, n. 1, p. 94-9, 1993.

SILVA, H. G.; SILVA, I. G. Influência do período de quiescência dos ovos sobre o ciclo de vida de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) em condições de laboratório. **Rev Soc Bras Med Trop**, v. 32, n. 4, p. 349-55, 1999.

TAUIL, P. L. Urbanização e Ecologia do Dengue. **Cad Saúde Pública**, v. 17, p. 99-102, 2001.

TEIXEIRA, M. G. et al. Dynamics of dengue virus circulation: a silent epidemic in a complex urban area. **Trop Med Int Health**, v. 7, n. 9, p. 757-62, 2002.

TEIXEIRA, T. R.; MEDRONHO, R. A. Fatores sócio-demográficos e epidemia de dengue em 2002 no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad Saude Publica**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 2160-2170, 2008.

VERDINELLI, M. A. Análise inercial em ecologia. **Tese de doutorado**, Universidade de São Paulo, 1980.

WAGNER M. B. Medindo a ocorrência da doença: Incidência ou Prevalência? **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.44, n.6, p.670-673, 2011.

WHO. Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance. **World Health Organization**, 2016. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63504/1/WHO\\_CTD\\_WHOPEPES\\_97.2.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63504/1/WHO_CTD_WHOPEPES_97.2.pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2017.

WILKS, S. S. The Large-Sample Distribution of the Likelihood Ratio for Testing Composite Hypotheses. **Ann. Math. Statist**, v.9, n. 1, p. 60--62, 1938). doi:10.1214/aoms/1177732360.

